



Tartu Ülikool

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Deniss Urjadnikov

Aeroobne ja anaeroobne võimekus keskmaajooksul

Aerobic and anaerobic ability in the middle - distance running

Bakalaureusetöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:

lektor, PhD, Raivo Puhke

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script.

Tartu, 2017

LÜHENDID

AerL – aeroobne lävi

AnL – anaeroobne lävi

SLS – südame löögi sagedus

VO₂max – maksimaalne hapniku tarbimine

SISUKORD

SISSEJUHATUS4

1. AEROOBNE LÄVI.....5

 1.1 Erinevad aeroobse režiimi kiirused:5

2. ANAEROOBNE LÄVI6

 2.1 Kuidas anaeroobne lävi mõõdetakse?7

 2.2 Kuidas seostub treeningutega?.....8

3. MAKSIMAALNE HAPNIKU TARBIMINE11

 3.1 Millest sõltub?.....12

 3.2 Mida VO2max mõjutab?13

 3.3 Kuidas treenida?13

 3.4 VO2max-i testimine.....14

4. ÖKONOOMSUS17

 4.1 Igasugused faktorid, mis mõjutavad jooksu ökonoomsust.17

KOKKUVÕTE20

KASUTATUD KIRJANDUS21

SUMMARY24

SISSEJUHATUS

Keskmaajooks peetakse nii vastupidavaks kui ka kiireks kergejõustiku spordialaks, mis vajab omakorda kõrgelt arenenud selliseid füsioloogilisi komponente nagu aeroobne ja anaeroobne lävi, maksimaalne hapniku tarbimine ja ökonoomsus.

Jooksmine on levinud ja populariseeritud spordiala nii Eestis, kui ka maailmas. Raske on leida inimest, kes ei tegeleks kergejõustikuga kas vabal ajal või nädalavahetustel, kuna on olemas nii palju ilusaid kohti ja võistlusi suurepärase tuju saamiseks. Kõrgete keskmaajooksu tulemuste planeerimisel tuleb arvestada ka palju erinevaid vahendeid ja variante, mis osutavad suure mõju tulemustele.

Antud töö eesmärgiks oli selgitada aeroobse – ja anaeroobse läve ning maksimaalse hapniku tarbimise olulisust keskmaajooksu treeningul ja võistlustulemuste kujundamisel. Tuginedes töö sisu peale on võimalik kinnitada, et uurimiseks olid võetud tähtsamad jooksu komponendid ja meetodid. Töös uuriti, kuivõrd aeroobne lävi on tähtis näitaja ettevalmistavperioodil. Samal ajal analüüsiti anaeroobse läve tähendus keskmaajooksus, millest see näitaja sõltub ja kuidas oleks otstarbekas testida. Lisaks sellele, töö eesmärgiks oli käsitleda maksimaalset hapniku tarbimist, üles leida missugustest teguritest see käesolev näitaja oleneb ja kuidas testide ja treeningute abil on võimalik tulemusi parandada. Töö lõpus lisaks eeltodud näitajatele, oli uuritud keskmaajooksu ökonoomsust ning püüti seostada kõik need hädavajalikud näitajad üheskoos ning teha kokkuvõtte ja järeldused.

Tema on aktuaalne, sest autor on ka kergejõustikuga tegelemas ning keskmaajooksu treeningu metoodika on suureks küsimuseks, uuringuks ja huviks kõigile sportlastele ja treeneritele, kes on huvitatud kõrgete tulemuste saavutamistest.

Märksõnad: Aeroobne ja anaeroobne lävi, maksimaalne hapniku tarbimine, ökonoomsus.

Keywords: Aerobic and anaerobic threshold, maxymal consumption of oxygen, economy.

1. AEROOBNE LÄVI

Aeroobne lävi on selline töö intensiivsus, kus laktaadi produktsioon ja utilisatsioon püsib tasakaalus. Tihtipeale see punkt kindlaks määratakse, mille käigus laktaadi sisaldus ületab 2 mmol/l. Selle kiiruse kasutamisel treenitakse suuremal määral rasvade ainevahetus (Mann et al., 2013).

Jürimäe & Mäestu (2011) sõnadel aeroobne lävi on töö intensiivsus, millest alates ületatakse organismis rasvade oksüdatsiooni võimsus ning suuremal määral kasutatakse organismi süsivesikute varusid selleks, et tagada lihaskontraktsiooni energeetilisi vajadusi. Laktaadi tase veres jääb 1,8 – 2,2 mmol/l piiridesse. Käesoleva intensiivsuse raamides stimuleeritakse rasvade ainevahetust. Aeroobse läve kiirus on üldvastupidavuse tõstmise põhiliseks intensiivsuseks, mille käigus töötakse aeglased lihaskiud.

1.1 Erinevad aeroobse režiimi kiirused:

- Taastustreening: Pärast rasket anaeroobset tegevust, kerge sörkjooks 60-70% SLS-ga maksimumist võimaldab sportlastel lõdvestuda ja taastuda. Seda aeroobse läve liiki kasutatakse suuresti soojenduseks või pulssi alandamiseks pärast raske võistlust või treeninguid. Lisaks sellele, selline tempo väga sobib intervalltreeningute korduste vahel, mida vähendab südame löögi sageduse kuni 120 lööki, et edasi trenni teha.
- Baastreening: Lülitamine töösse treeningud 70-80% SLS-ga max-st 20-60min jooksul. See treening hõlmab peaaegu kõike treeningmahtu ja seda treeningmeetodit võib läbi viia 5-10 kord nädalas. Baastreeningu tempo on heaks ettevalmistuse perioodi tähtsamaks variandiks üldvastupidavuse loomiseks.
- Vastupidavustreening: Rakendades treeninguid 70-80% SLS-ga max-ist, aga suurema kestusega. Sellised suure mahuga treeningud peab lülitama 1-2 korda nädalas 60-90 min jooksul.

Mõõduka intensiivsusega treeningud mängivad tähtsat rolli vastupidavuse arenduses, järelikult need treeningud peavad hõlmama suuremat treeningu mahtu (Neumann et al., 2000).

2. ANAEROOBNE LÄVI

Anaeroobne lävi (AnL) on selline töö intensiivsus, kus laktaadi produktsioon ületab utilisatsiooni võime ja laktaadi kontsentratsioon märkimisväärselt.

Anaeroobse läve mõiste oli jõustatud 1960. aastail selle alusel, et kasutades kõrgeid koormusi, hapnik selles protsessis on madal või teisisõnu tekitab hüpoksiia (Roberts & Robergs, 1997).

Suurendades tempot organism nõuab niivõrd kiiret energiatootmist, mida aeroobsed protsessid, paraku, ei suuda kindlustada. Seega anaeroobne energiatootmine tuleb appi. See on kiire võimalus tagada lihastele suures koguses energiat. Samas on need võimalused piiratud, sest anaeroobselt lagunevad energiarikkad ühendid kasutatakse ruttu ära. Pealegi tekib lihastes oleva glükogeeni anaeroobsel kasutamisel laktaat, mille kuhjumine põhjustab lihaste lokaalse väsimuse, mis takistab sooritada kestva lihastööd ja säilitada pikka aega kõrget tempot. Seda intensiivsust või kiirust, mille juures organism tuleb toime kuhjuva laktaadi eemaldamisega ning millest kõrgemal intensiivsusel toimub veres järsk laktaadi kontsentratsiooni suurenemine, nimetatakse anaeroobseks läveks või maksimaalseks laktaadi püsiseisundiks. Mida kiiremal jooksutempol lülituvad töösse anaeroobsed protsessid, seda parem on teie aeroobne töövõime. Samal ajal, mil kõrge intensiivsusega treeningud on väga tähtsad ja kasulikud, kesk- ja pikamaatreeningud ei pea olema unustatud ja alahinnatud (Fiskerstrand & Seiler, 2004).

Oli välja uuritud, et jooksurajal aeroobse ja anaeroobse panuse energiasüsteemidesse suure intensiivsusega pikematel distantidel aeroobne lävi on isegi tähtsamaks võimeks, eriti alates 1500m jooksust. Kokkuvõtteks oli saadud, et mida pikem distant, seda rohkem aeroobseid võimeid me vajame (Spencer & Gastin, 2001).

Käesolev termin omab palju määratlusi, seetõttu teadurid ja treenerid kogu aeg arutavad mismoodi tasuks seda näitajat paremini mõõta. Lihtsustades, laktaati läve võib nimetada statsionaarse seisundi maksimaalseks võimeks, mida võib toetada ilma edasise laktaadi koguse tõusega. McGeehe et al., (2005) arvamusel laktaadi lävi on punkt harjutuse intensiivsuses, mil vere laktaadi kontsentratsioon kogu aeg tõuseb. Uuringutes oli saadud, et laktaadi lävi on parimaks ennustajaks tulemuste saavutamises.

Peale maksimaalset hapniku tarbimist ja ökonoomsust laktaadi lävi on üks parimaid näitajaid, mille abil on võimalik öelda kui hästi sportlane treenitud on ja aeroobse võimsuse

jälgida. Samuti tuleks rõhutada seda, et VO₂max ja ökonoomsus on palju raskem alluvad treeningule, kui laktaadi lävi. Kuna laktaadi lävi näitaja on üks parimaid ennustajaid rekordite saavutamistes ja harjutuste intensiivsuste määramiseks nt. jooksmises, suusatamises, rattaspordis, siis seda tuleb treenida ja testida (McPartland et al., 2010).

Päris oluline on arvestada sellega, et juhul kui sportlane ületab anaeroobse läve intensiivsuse, see ei tähenda seda, et kehaline töö on anaeroobseks muutunud. Pärast anaeroobse läve intensiivsuse üleminekut, lülituvad anaeroobsed protsessid sel määral, et organism ei ole võimeline eneriatootmise käigus laguproduktidega toime tulla, kuid energiatootmine on endiselt aeroobne, mistõttu anaeroobne lävi on aeroobse töövõime indikaatoriks (Jürimäe & Mäestu, 2011).

Laktaadi murdepunkt (lactate turnpoint) on harjutuse intensiivsus või kiirus, mille juures laktaadi kontsentratsioon hakkab nähtavalt tõusma. Teaduslikult täpsem on määratlus, et laktaadi murdepunkt on laktaadi kõvera punkt, mille vere laktaadi kontsentratsioon tõuse kaldepunkt on nt. 10 kraadi (Campbell et al., 1989).

2.1 Kuidas anaeroobne lävi mõõdetakse?

Anaeroobne lävi mängib suurt rolli nii taastumise kui ka heade tulemuste saavutamisel. Selleks, et oma treeninguid ja tulemusi planeerida oleks otstarbekas seda testida. Tippsportlaste jaoks selleks testiks on poolmaratoni jooks. On olemas ka mitu muud võimalust anaeroobse läve mõõtmiseks.

Mõned neist on allatoodud:

- NIRS (Near-infrared spectroscopy) andurid – spektroskoopiline meetod, kasutatakse meditsiiniliste ja füsioloogiliste diagnostika raamides mitte invasiivse laktaadi taseme mõõtmiseks on andurid, mis aitavad enda laktaadi sisalduse kontrollida reaalses ajas. Need andurid sobivad rohkem tippsportlaste jaoks (Neary, 2004).

- Conconi test

Conconi test (Conconi, 1982) on lihtne meetod anaeroobse ja aeroobse lävede mõõtmiseks. Selle testi eesmärgiks on üles leida anaeroobse läve SLS. Pärast kerget soojendust, sportlane alustab jooksmist 200 m ringiga või tasapinnal. Testi aluseks on tasapisine jooksu tempo suurendamine 1 või 2 sekundiga iga 200m. Testi kestus on umbes 3 – 4 kilomeetriline distantis või maksimaalse SLS tekkeni. Testi lõpus üles ehitatakse graafik SLS-e sõltuvus jooksu kiirusest. Kiirust välja arvutatakse valemiga:

$$V = \frac{S}{t}$$

kus V – on kiirus, S – lõigu pikkus ja t – aeg

- Invasiivne meetod (laktaatse atsütoosi lävi)

Kõigeks täpsemaks meetodiks on otsene invasiivne meetod, mille käigus võetakse vere näidis sõrmest rampi testi jooksul suurendava koormuse tegemisel. Käesoleval graafikul kindlaks määratakse laktaadi lävi, maksimaalne hapniku tarbimine ja sportlase taastumise protsess (Moran et al., 2012).

2.2 Kuidas seostub treeningutega?

Igal sportlasel erinevatel spordialadel on erinev anaeroobne lävi, kuna ainult treenitud lihased (vastupidavuse poolest) võivad utiliseerida piimhape või omavad maksimaalne mitokondrite hulk. Lihtsalt öeldes, juhul kui jooksja paneb oma jõud suusatamises proovile, siis tema anaeroobse läve pulssi sagedus võib erinev jooksmisega. Mida parem lihased treenitud on, seda parem nad absorbeerivad piimhape. Väga tähtis näitaja eriti kesk - pikamaajooksu jaoks, on ka tarvis seda näitajat arendada ja jälgida, et oleks parem taastumine pärast treeninguid, tempojooksu ja lõike (Faude et al., 2009).

Reeglina anaeroobne lävi on tähtsam pikamaajooksus, kui keskmaajooksus, ent treeningute koostamisel oleks otstarbekas seda näitajat kasutada näiteks tempojooksu või pikamaajooksu tegemisel. Samuti anaeroobne lävi on näitajaks poolmaratoni jooksus.

Treeningmahu suurendamisega tekib koormuse monotoonsus, seda peetakse üheks kõige ohtlikumaks faktoriks ületreeningu tekkimisel. On hästi teada, et kiired muutused

treeningumahus kutsuvad esile negatiivse efekti ja tulemuste langetamise. Foster et al. (1999) soovivad, et treeningumahud tuleb suurendada tasapisi, mitmekesistada treeningukoormusi ja jooksu kiirust, lisaks sellele ei tasuks raskete treeningute planeerimisel kasutada samal ajal võistlusi. Arvestades eeltoodud soovitustega on võimalik mitte forseeerida noori sportlasi ja mitte saada ületreeningut.

Jürimäe & Mäestu (2011) andmetel treeningute planeerimisel tuleb ka silmas pidada, et anaeroobne lävi sõltub alljärgnevatest teguritest:

- Maksimaalne hapniku tarbimine. Mida kõrgem on VO₂max intensiivsus, seda kõrgemaks on võimalik ka treenida anaeroobset läve intensiivsust. Samal ajal maksimaalne hapniku tarbimine on limiteerivaks teguriks, sest anaeroobset läve ei ole võimalik treenida kõrgemaks kui VO₂max intensiivsus.
- Lihaskiu tüüp. Vastupidavustreeningu vältel kasutatakse suuremal määral aeglase ehk oksüdatiivseid lihaskiude, mis omakorda panevad väsimuse efektiivsemalt vastu, võrreldes kiirete ehk glükolüütiliste lihaskiududega.
- Lihasmass. Laktaadi moodustamine veres on lihasmassist, mida rohkem lihaseid on, seda rohkem laktaadi formatsiooni lihastesse ongi. Vastupidavusaladega tegeledes, ei tohiks omada suurt lihasmassi kõrgete tulemuste saavutamiseks.
- Laktaadi lihast eemaldamise võime. Laktaati eemaldavad verest süda, maks ning lihased, mis ei osale aktiivses lihastöös. Steinacker (1993) sõnul on võimalik suurendada see võime kuni 50 %.

2.3 Kuidas treenida?

AnL treeningute vältel kõige tõhusamaks eesmärgiks on jookse selles tempos, mille käigus laktaat tasapisi kuhjub veresse. Kui joosta madalamas tempos, ei ole võimalik saavutada korralikku efekti, mis aitab kaasa anaeroobse läve parandamist. Kui aga joosta kiiremini, siis organismi hakkab väga kiiresti piimhape kuhjuma, mis omakorda ei lase jooksjal palju aega vajalikku tempot hoida.

Kõige tõhusamad treeningud on mitte alati need treeningud, mis läbi viiakse võimaluste piiiril. Oleks mõistlikum trenni teha teatud intensiivsusel ning püüda maksimaalselt kaua seda piiri täiustada, et tarvilikul määral oma anaeroobseid võimeid paremaks teha. Kõik alltoodud

lähenedes on kasulikud, aga Bondartšuki andmetel võib sportlasel sportlikku vormi saavutamiseks kuluda kuni 2–8 kuud (Bondarchuk, 2008).

Paljude aastate jooksul sportlasel laktaadi kogused võivad olla niivõrd erinevad, et laktaadi järsk tõus on võimaline üles tõusta kuni 30-kordne näitaja puhkeolekust seisundist. Vaatamata sellele, et laktaadi läveks nimetatakse organismi seisund, mille juures toimub veres laktaadi sisalduse tõus, aga reeglina laktaadi lävi kindlaks määratakse nagu punkt asuv 4 mmol/l peal, et sellest lähtudes treeningud ja ettevalmistus üles ehitada (Faude et al., 2009).

Klassikalise treeningu AnL- suurendamiseks on tempojooks, katkematu jooks anaeroobse läve tasemel 20-40 minuti jooksul. Tempotreening võib välja näha järgmisena: kolmekilomeetriline kerge jooks soojenduse jaoks, 6 kilometrit jooks võistlustempos 15-21 km peale, kerge sõrkjooks. Tuleb ka jooksutempot teada ja jälgida, et veresse ei kuhjuks küllaldaselt laktaati, mida mõjutaks väsimist. Tippjooksjatel on anaeroobse läve kiirus keskmiselt 2,50-3,10 min/km kohta (Coe, 1997).

Anaeroobse läve kiiruse tõstmiseks on kõige sobilikumad treeningud, mille puhul 90% kogu treeningust jääb anaeroobsest lävest allapoole (Hirvonein, 1992). Selleks sobivad hästi tempojooksud ja pikad ekstensiivsed lõigud ehk fartlekid, mille puhul tempo võib olla natuke kiirem anaeroobse läve kiirusest, kuid samal ajal tuleb arvestada, et laktaadi tase ei tõuseks palju üle 4 mmol/l (Janssen, 2001). On võimalik need treeningud teostada nii jooksurajal kui ka maanteel. Algsel on soovitatav sellised tegevused rakendada jooksurajal või metsas, kui rada on märgitud, et treener ja jooksja saaksid tempokiirust jälgida. Rakendades südame löögisageduse monitoori treeningute jooksul, on võimalik tuginedes näitajatele oma tulevikud treeningud planeerida, et jälgida õiget tempot ja vältida ülekoormusi. Üldjuhul, mõne trenni pärast jooksjatel tekib tunne, mis aitab kaasa õige tempo äraarvamist.

Anaeroobse läve uurimused näitasid, et jooksjad, kes leidsid oma õige pulsisageduse, võivad seda kasutada suure kasuga. Lisaks sellele, vähetähtsad võistlused aitavad sportlastel läbi viia alternatiivne treening, parandades anaeroobset läve. Tuleb silmas pidada, et jooksja ei pingutaks ja järgiks vajalikku tempot, taastumise aega, vastasel juhul treeningu mõju organismile väheneb (McPartland et al., 2010).

3. MAKSIMAALNE HAPNIKU TARBIMINE

VO₂ max oli uuritud peaaegu 100 aastat tagasi Hill abil: MHT mõõtmise oskus tekkis juba 1920-tes. See oli 1923-s, kui A.V.Hill ja tema partner H.Lupton jõudsid ideele, et eksisteerib ülalimiit hapniku tarbimise peal. Uuringus, mis koosnes Hill jooksmisest erineval kiirusel murust rajal, samal ajal oli mõõdetud tema VO₂max, oli uuritud, et Hill sai 4.080 ml/min 243m/min kiirusel (Bassett, 2000). MHT termin lahti šiftreeritakse nagu maksimaalse hapniku tarbimine (rahvusvaheline tähendus –VO₂max) ja tähendab maksimaalset inimese organismi võimet lihastesse hapniku transport ja edasine selle hapniku kasutamine energia välja töötlemiseks füüsiliste harjutuste tegemisel.

Wilmore & Costill (2005) andmetel VO₂max määratakse nagu “ kõrgeim suurus“, mis on saadud maksimaalse või väsitava harjutuse jooksul. MHT on 3000m - 5000m parima tulemuse kiiruseks. Iga treener ja sportlane peaks selle piiri teadma, et edasi treeningud planeerida. 1500m jooksja jaoks käesoleva näitaja parendamine on hädavajalik, kuna 1500m jooksus see näitaja on üks kasulikkumaid. Treeninungud MHT kiirusel on maksimaalselt efektiivsed tulemuse parandamisel, nii arvab ka Daniels: Kogu treeningu teooria on arenenud selle kiiruse baasil, mis on VO₂max kiiruseks või näitaja lähedal (Daniels, 2005).

Jürimäe & Mäestu (2011) andmetel maksimaalne hapniku tarbimine (VO₂max) näitab maksimaalset hapniku hulka (liitris minutis; l/min), mida organism on suuteline omastama pingelise töö käigus ning umbes 70% VO₂max eneregiast toodetakse ilma laktaadi formatsioonita.

Maksimaalne aeroobne võimsus on VO₂max näitajale vastav võimsus või liikumiskiirus. Kui VO₂max näitaja teatud treenituse tasemest enam edasi ei arene, siis VO₂max näitajale vastav võimsus võib endiselt suurendada, mis on üheks mõõdetavaks parameetriks tippsportlastel.

3.1 Millest sõltub?

Poole & Richardson, (1997); Wagner, (2010); Rankinen et al., (2006) uuringute järgi maksimaalne hapniku tarbimine on enamasti geneetiliselt määratud ja käesolev näitaja on limiteeritud arendamises mitmesuguste füsioloogiliste parameetritega nagu:

- Südamelöögimaht
- Südamelöögisagedus
- Vere hemoglobiini sisaldus
- Mitokondrite suurus ja hulk
- Aeglaste ja kiirete lihaskiudude vahekord töötavas lihases
- Kehamass
- Kappilaaride kompaktsus
- Kopsude maht
- Aeroobsete fermentide tasemed

Samas tuleb kinnitada, et VO₂max-i näitaja on treenitav, eriti treenimata isikutel, ent ilma treenimiseta VO₂max areneb naistel umbes 15.-16 eluaastani ning meestel umbes 18 eluaastani. 20-24-aastasest saadik maksimaalne hapniku tarbimine hakkab langema (Jürimäe & Mäestu; Katch et al., 2007).

On olemas ka mitu muud maksimaalset hapniku tarbimist mõjutavat tegurit näiteks treeningud kõrgusel, kuid ei ole igale sportlasele selline treeningute valik on sobilik (Noakes, 2003) või erütropoetiini kasutamine, mis omakorda osutab VO₂max-ile hea tõusu (Kolb, 2010).

3.2 Mida VO2max mõjutab?

Hästi arenenud maksimaalne hapniku tarbimine viidab sellele, et sportlasel on väga efektiivne südame-veresoonkonna süsteem, mida omakorda lubab sportlasele maksimiseerida enda potentsiaali, samuti annab võimaluse paremini ja kiiremini taastuda pärast koormust, võistlust ja treeningut. See kinnitatakse uuringute abil, mis olid pühendatud intervalltreeningutele ja mõjule taastumisele pärast koormuste kasutamist.

Oli uuritud, et mida kõrgem VO2max inimesel on, seda parem ja kiirem tema seisund normaliseerub (Matsuo et al., 2012). Lisaks sellele võib rõhutada ka seda, et jooksjal, kellel on kõrge maksimaalne hapniku tarbimine on palju rohkem võimalusi edukalt võistelda alatest 1500 m jooksust kuni poomaratoni, samuti oleks loogiline tähele panna seda, et juhul kui jooksjal on soovi kesk - ja pikamaajooksuga tegeleda, temal peaks olema kõrge maksimaalne hapniku tarbimine, kuna anaeroobne lävi sõltub maksimaalse hapniku tarbimisest, seega tohib väita, et isegi pikamajooksu jaoks see näitaja on hädavajalik ja ilma selleta kaugemale ei ole võimalik jõuda.

3.3 Kuidas treenida?

Maksimaalse hapniku tarbimist on võimalik treenida küll, kasutades treeninguid vajaliku intensiivsusega, eriti kui sportlane on noor ja pole teinud mitu aasta jooksul trenni. Kurb asi seisneb selles, et maksimaalne hapniku tarbimine oleneb peamiselt pärilikkusest, seega võib öelda, kui tulevane keskma-ja pikamajooks on sündinud madala maksimaalse hapniku tarbimisega, siis temal on palju vähem võimalusi sel distantsil Olümpia võitjaks saada. Paljud uuringud on näidanud, et tippportlastel VO2max, kahjuks, ei muutu, isegi kui nende tulemused on paranemas, sest nii ökonoomsus kui ka anaeroobne lävi on hästi treenitavad.

Ühes uuringus, kus oli 33 eliitjooksjat, teadurid on jälginud nende VO2max-i kolme aasta jooksul. Selle aja jooksul nende tulemused läksid paremaks keskmiselt 1,77% võrra meestel ja 0,69% võrra naistel, aga VO2max jäi peaaegu samaks (~76.56 vs. ~76.42 meestel, ja ~70.31 vs. ~70.05 naistel) (Legaz Arrese et al., 2005). Juhul, kui jooksjal on veel potentsiaali tulemuste parandamiseks, siis tema maksimaalne hapniku tarbimine võib muutuda küll, kusjuures kiirus laktaadi läve läheb paremaks ka, mis oligi tõestanud.

Uuringu presentatsioon ACSM-is (American College of Sports Medicine) 2011 aastal näitas maksimaalse hapniku tarbimise muutmise kahe aasta jooksul 1500 m tippjooksjal. Maksimaalse hapniku tarbimise näitaja on 18 kuu jooksul varieerunud alates 4,8 l/min kuni 5,6 l/min, mis on 16,7% võrra rohkem, võrreldes miinimaalse näitajaga. Esimese aasta jooksul see muutmine on läinud alates 4,8 l/min kuni 5,16 l/min. Kasutamisel ml /kg/min, madal tase oli 70,5

ml/kg/min ja kõrge tase oli – 79,6 ml/kg/min. 1500 m isiklik rekord on selle aja jooksul kõvasti muutunud 3.38,9 -st kuni 3.32,4 min aasta algusest saadik kuni Olümpiamängudel võiduni aastas 2008 Pekinis, ajaga 3.32.94 min (Ingham et al., 2011).

Seega, on ilmselge, et maksimaalse hapniku tarbimise treeningud ei kulu asjatult ja on väga kasulikuks asjaks. Huvitav asi on see, et VO₂max-i tõstmise ja langetamise jooksul, laktaadi lävi liigub samas suunas. Eeltoodud uuringus laktaadi läve kiirus on suurenenud 16-st km/t kuni 18 km/t või 12,5% võrra. See oli maksimaalse hapniku tarbimise tõstmise kohane. Sellest lähtudes, võib kinnitada, et maksimaalse hapniku tarbimise suurendamine mõjutab positiivselt ka laktaadi lävel jooksu kiirust (Ingham et al., 2012).

Maksimaalse hapniku tarbimise kiirus on väga intensiivne kiirus, mida suudetakse säilitada 6-10 min., kusjuures vere laktaadi kontsentratsioon on ligikaudu 8-10 mmol/l. See kiirus on kõrges korrelatsioonis tulemustega 3000m – 10000m . Tüüpilised intervalltreeningud selle kiiruse arendamiseks on 15-20 x 400m või 6-8 x 800m. Kõige tähtsam asi on see, et lõigude kiirus peaks olema praeguse jooksja maksimaalse hapniku tarbimise näitaja kohane paremate ja kõrgemate tulemuste saavutamiseks (Daniels, 2005).

3.4 VO₂max-i testimine

Kõrgete tulemuste saavutamiseks ja treeningute planeerimiseks on vajalik enda VO₂max-i teada. Eksisteerib lihtne meetod selle mõõtmiseks. Võetakse 3000m või 5000m jooksu rekord ja kiirusest kilometri peale lähtudes üles ehitatakse treeningute tempo. On olemas ka üsnagi palju maksimaalse hapniku tarbimise mõõtmise muid teste. Kõik need testid on erinevad ja võivad mitte näidata sama tulemust, kuigi tuleks ikkagi neid kasutada, et mitte maksta laboritesti eest.

Cooper Test – käesolev test kestab 12 minuti jooksul ja annab hinnangu maksimaalse hapniku tarbimisele:

Test viiakse läbi tasasel maa-alal. Hinnatakse 12 minuti jooksul kas kõndides-sörkides või joostes läbitud maa pikkus meetrites. Tähtis on võimalus hinnata läbitud vahemaad, selleks on sobivaim teadaoleva ringisuurusega staadion, täpselt mõõdetud tervisespordirada või muu. Soovitav on eelnev mõnenädalane treening. Testi tulemus jaotub 5 rühma: väga hea; hea; rahuldav; nõrk; väga nõrk. Eraldi on välja töötatud tulemused meestele ja naistele sõltuvalt vanusest. Test näitab selgelt südame-veresoonte ja kopsude talitlust ja vastupidavust koormusel. Regulaarse terviselikumise korral on mõttekas Cooperi testi läbi viia 2-3 korda aastas (Cooper, 1969).

Ratio between HRmax and HRrest (Uth et al., 2004) – selle testi abil VO2max mõõtmiseks tuleb jagada jooksja maksimaalne pulss puhkepulssiks ja korrutada seda numbrit 15-ga, et saada VO2max-i. Kõrgete tulemuste planeerimisel ei tohiks seda testi kasutada.

Balke test – Bruno Balke pakkus ise välja selle testi (Balke, 1963) ja sisaldas endas 15-minutiline test radal. VO2max välja korrutatakse, kasutades järgmist valemit:

$$VO_2max = 6.5 + 5 \times ringi$$

Frank Horwill (1991) on muutnud seda valemit ja see näeb välja nagu:

$$VO_2max = (0.172 \times (distantis\ meetrites / 15 - 133)) + 33.3.$$

Eeltoodud testid ei ole kõige täpsemad treeningute ja võistluste planeerimisel, kuid võivad olla üsnagi kasulikud inimestele, kes on harrastajad.

Allison (1986) pakkus välja VO2max /kg arvutamiseks järgmise valemi:

Muuta 3000m aeg kiiruseks km/t

Korrutada saadud aeg 3,5 – ga

Näiteks:

$$3000m\ ajaga\ 9.45 = 9 + 45 \div 60 = 9,75\ min$$

$$Kiirus\ 3km \div 9,75 \times 60\ min/t = 18,46\ km/t$$

$$18,46\ km/t \times 3,5 = 64,6\ ml/kg^{-1}/min^{-1}$$

Ackland (2003) soovib järgmist valemit:

$$VO_{2max} = \frac{m + (30 \times t)}{5 \times (t + 1)}, \text{ milles } m = \text{distsants meetrites}, t = \text{aeg minutites}$$

Näide: jooksja, kelle tulemus 3000m jooksus on 12min.

$$VO_{2\max} = \frac{3000 + (30 \times 12)}{5 \times (12 + 1)} = \frac{3000 + 360}{5 \times 13} = \frac{3360}{65} = 51,7 \text{ ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$$

Kasutades neid teste on võimalik vajalik kiirus üles leida ning kasutada seda treeningu planeerimisel.

4. ÖKONOOMSUS

Ökonoomsust iseloomustatakse kui energiakulu mingil kindlal (submaksimaalsel) intensiivsusel. Jooksu ökonoomsus koosneb paljudest füsioloogilistest ja biomehhanilistest faktoritest (VO₂max, anaeroobne lävi), mis omakorda määratakse efektiivne hapniku kasutamine aeroobsetes harjutustes (Daniels, 2013; Saunders et al., 2004; Crowther, 2001). On hästi teada, et gaaside vahetus organismis peegeldab jooksu energeetilise vahetuse, seega võib väita, et need kes on võimelised teatud jooksu tempos vähem hapnikut kasutada, on suutelised omada parema ökonoomsuse. Kesk - ja pikamaajooksu sportlane võib püüda parema tehnika abil ökonoomsuse suurendada. Oli uuritud, et õige jooksutehnika on kõrge tulemuse ennustajaks, kuna tema maksimaalse hapniku tarbimine on efektiivsem, võrreldes teistega (Saunders, 2004).

Uuringud on näidanud, et kõrgema ökonoomsusega vastupidavusalaade sportlastel on (Friel, 2000):

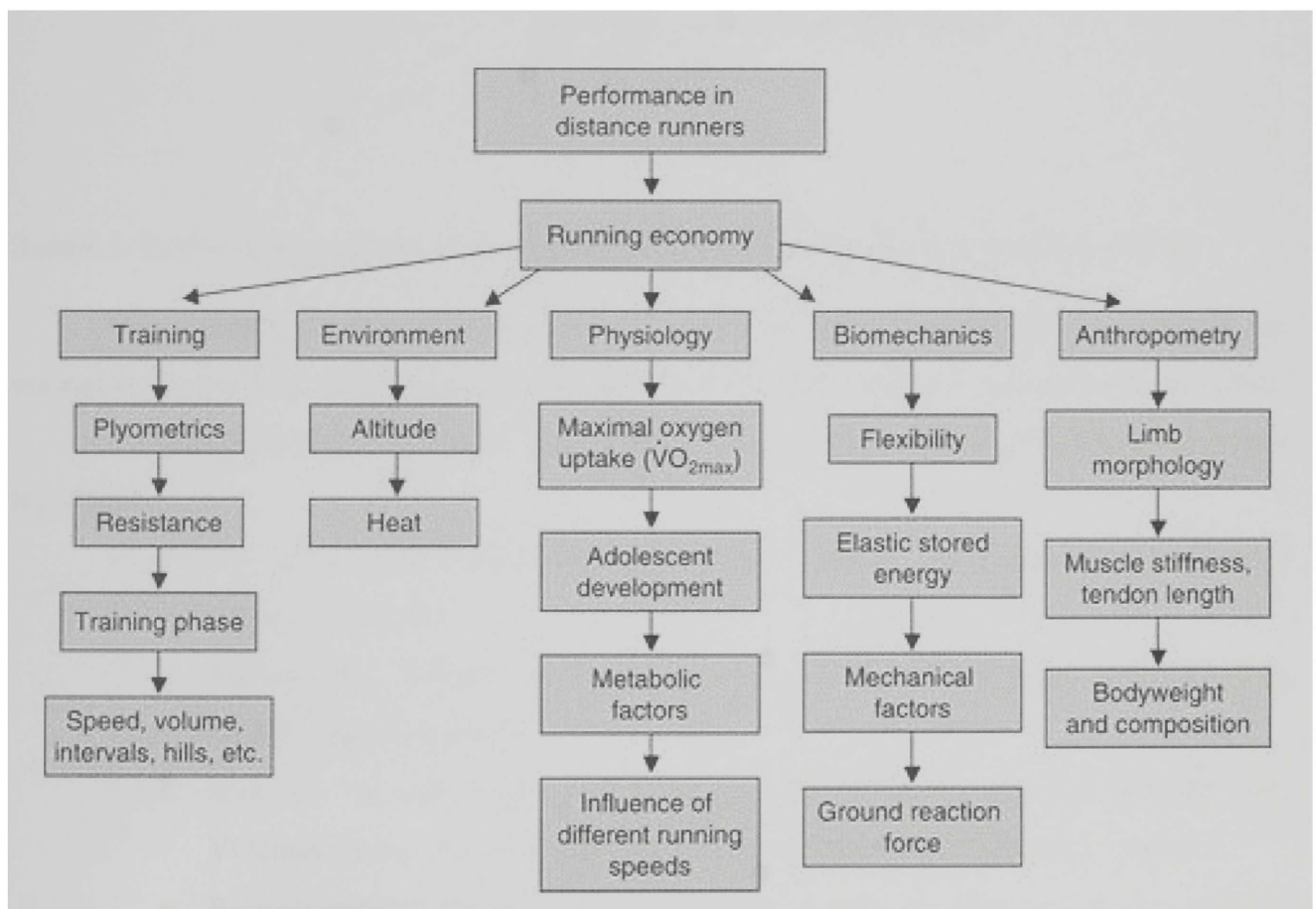
- Suurem aeglase või oksüdatiivsete lihaskiudude osakaal, mis omakorda vastutavad aeroobsete võimete eest;
- Madalam BMI (kehamassi index);
- Madal psühhoemotsionaalne stress;
- Minimaalne kasutute ja energiat kulutavate liigutuste arv mingi kehalise koormuse ajal;
- Plüomeetrika harjutuste kasutamine;

Jooksu ökonoomsus paraneb ka tehnika täiustamisel, mis mõjub energiakulu vähenemisele mingil kindlal intensiivsusel. Kasutades plüomeetrika harjutusi, mille käigus lihas pikeneb (ekstseentriline faas) ja sellele järgneb võimas kontsentiline faas ehk lihas lühineb. Tehnika täiustamiseks hästi sobiksid erinevad sügavhüpped või hüplemised jne.

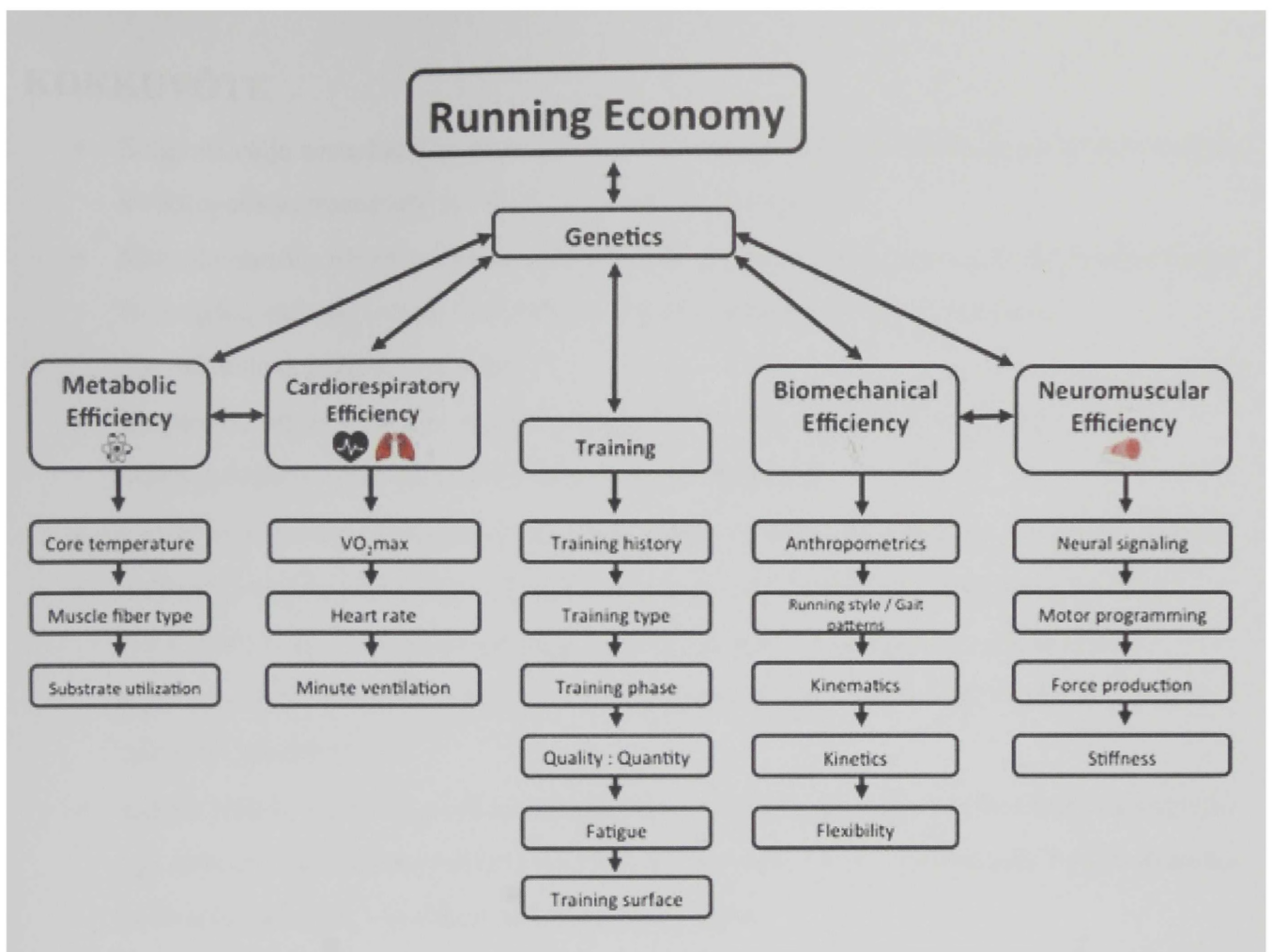
4.1 Igasugused faktorid, mis mõjutavad jooksu ökonoomsust.

Saunders et al., (2004) uuringus oli teada saadud, et jooksu ökonoomsus võib oleneda paljudest füsioloogilistest, biokeemilistest ja antropomeetrilistest tegutitest mis on toodud joonisel 1. Seega, treeningute planeerimisel tuleb silmas pidada mitte ainult tulevaste tulemuste näitajaid, kuid ka füsioloogiat, biomehaanikat, antropomeetriat ja isegi elukeskkonda. Jooniselt 1. on näha, et keskmaajooksu treeningute kujundamisel kõigepealt tasuks käsitleda seda, et jooksu ökonoomsust võib jaotada viie liiki:

- Treening, mis koosneb plüomeetrika harjutustest; vastupanust; jooksutempost; mahust; kiirusest; intervallidest ja mägede kasutamisest.
- Elukeskkond. Jooksu ökonoomsus võib sõltuda õhu temperatuurist ja kõrgusest.
- Füsioloogia. Tuleb arvestada ka seda, et on olemas ka füsioloogilised faktorid, mis omakorda mõjutav jooksu ökonoomsust näiteks VO_{2max} .
- Biomehaanilised faktorid. Venitusharjutused on hästi kasulikud soojenduseks. Sammusagedus, sammulaius ja maaga kontakt.
- Antropomeetrilised faktorid. Kehaosade pikkus ja suurus. Kehamass ja kehastruktuur.



Joonis 1. Keskmaajooksjate ökonoomsust mõjutavad faktorid (Saunders et al., 2004).



Joonis 2. Faktorid, mis mõjutavad keskmaajooksu ökonoomsust (Kyle & Andrew, 2015).

Teiste aurotire uuringute järgi jooksu ökonoomsust mõjutavad faktorid on sarnased, ent uuringust (Joonis 2.) on selgelt näha, et suuremal määral need faktorid on geneetiliselt määratud.

Ellolvest joonisest lähtudes, võib väita, et jooksu ökonoomsus sõltub alljärgnevatest teguritest:

- Treeningu ajaloost, tüübist, tempost, kogus – kvaliteet võrdlemisest, väsimusest ja teistest faktoritest.
- Metaboolsest efektiivsusest. Siia puutuvad kehatemperatuur, lihaskiu tüüp, substraatide utilisatsioon.
- Südame - ja veresoonkonna efektiivsus on tähtis ka. Sellised näitajad nagu VO₂max, pulssi sagedus ja kopsude ventilatsioon on üks tähtsamaid aspekte.
- Biomehaanilise efektiivsuse järgi on tarvis arendada treeningute planeerimisel näiteks venitust ja jooksu stiili.
- Neuromuskulaarne efektiivsus. Närvide signaalidest jne.

KOKKUVÕTE

- Selgitati välja aeroobse – ja anaeroobse läve ning maksimaalse hapniku tarbimise olulisus keskmajooksu treeningul ja võistlustulemuste kujundamisel
- Käesolevas töös oli leitud, et aeroobne lävi on suurepäraseks vahendiks üldvastupidavuse loomiseks, südame - veresoonkonna ja hindamissüsteemide parandamiseks ettevalmistava perioodi jooksul.
- Oli järeldatud, et anaeroobne ehk laktaadi lävi on üks tähtsamaid näitajaid keskmajooksu maailma taseme tulemuste saavutamisel.
- Uuriti, mismoodi tuleks anaeroobset läve mõõta ja testida ning millest see näitaja sõltub.
- Selle bakalaureusetöö käigus oli välja selgitatud, et maksimaalne hapniku tarbimine (VO₂max) määrab kindlaks edukuse keskmajooksul. Oli näidatud, missugustest teguritest VO₂max võib oleneda ning missuguste testide ja treeningute abil on võimalik tulemusi parandada.
- Lisaks sellele, oli teada saadud, et peale kõrgete tulemuste määratavate näitajat VO₂max-i ja anaeroobset läve on olemas ka jooksu ökonoomsus, mis on omakorda veelgi edukama ja kiirema aja kesk – ja pikamajooksu ennustajaks.
- Samuti selles töös on jõutud järeldusele, et sportlane, kellel on isegi madalamad VO₂max ja anaeroobse läve näitajad, võrreldes teiste jooksjatega, on võimeline kõrgeid tulemusi näitama efektiivse ökonoomsuse kasutamisel.

KASUTATUD KIRJANDUS

- 1) **Ackland, J.** The complete guide to endurance training. A and C Black, London, 2003.
- 2) **Allison, T.** Kohden parempia maratoniakoja. Jouksija, 1986, 10, 70-74.
- 3) **Balke, B.** (1963) A simple field test for the assessment of physical fitness.
- 4) **Bassett, D. R. & Howley, E. T.** (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 70–84.
- 5) **Bondarchuk, A.** Transfer of training in sports. ultimate Athlete Concepts, USA, 2008.
- 6) **Campbell, W.W., Hughson, R.L., Green, H.J.** Continuous increase in blood lactate concentration during different ramp exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 1989, 66, 1104-1107.
- 7) **Conconi, F., M. Ferrare, et al.** (1982). "Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners". *Journal of Applied Physiology*. 52 (4): 869–73.
- 8) **Crowther, G.** (2001). "Tips on maximizing your running economy".
- 9) **Daniels, J.** (2005). *Running Formula*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- 10) **Daniels, J.** (2013). "Aerobic and training profiles". In Hanlon, Tom; Marty, Claire; Wolpert, Tyler. *Daniels' Running Formula* (3 ed.). Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 33–38.
- 11) **Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T.** (2009). "Lactate threshold concepts; how valid are they?". *Sports Medicine*. 39 (6): 469–490.
- 12) **Fiskerstrand, A., Seiler, S.** Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970–2001. *Scand J Med Sci Sports* 2004: 14:303–310.
- 13) **Foster, C., Daniels, J. T., Seiler, S.** (1999) Perspectives on correct approaches to training. Väljaandes: M. Lehmann, C. Foster, U. Gastmann, H. Keizer, J. M. Steinacker (toim) *Overload, Performance, Incompetence, and Regeneration in Sport*. New York: Kluwer Academic/Plenum.
- 14) **Friel, J.** (2000) *The mountainbikers Training Bible*. VeloPress, Boulder, CO.
- 15) **Hirvonen, J.** (1992) Kesävyyden energiatankit, Valmenus ja kuntoilu, № 3.
- 16) **Horwill, F.** (1991) *Obsession for Running – A Lifetime in Athletics*. London: Colin Davies Printers.

- 17) **Ingham, S. A., B. W. Fudge, et al.** (2011). Training monitoring; training delivery; middle distance running. American College of Sports Medicine, Denver, CO.
- 18) **Ingham, S. A., et al.** (2012). "Training distribution, physiological profile, and performance for a male international 1500-m runner." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 7(2): 193-195.
- 19) **Janssen, P.** (2001) Lactate threshold training, Human Kinetics, Champaign, Illinois, p. 65-68.
- 20) **Jürimäe J., Mäestu J.** Treeninguõpetus. Tartu Ülikool, 2011.
- 21) **Katch V. L., Katch, F. I., McArdle, W. D.** Exercise Physiology: Energy, Nutrition, & Human Performance, 6th Edition, 2007, Baltimore, MD.
- 22) **Kolb, E. M.** (2010). "Erythropoietin elevates VO₂max, but not voluntary wheel running in mice". *Journal of Experimental Biology*. 213 (3): 510–519.
- 23) **Legaz Arrese, A., Serrano Ostáriz, E., Jcasajús Mallén, J. A., & Munguía Izquierdo, D.** (2005). The changes in running performance and maximal oxygen uptake after long-term training in elite athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(4), 435–40.
- 24) **Legaz, Arrese, Munguía, Izquierdo, D., Nuviala Nuviala, A., Serveto-Galindo, O., Moliner Urdiales, D., & Reverter Masia, J.** (2007). Average VO₂max as a function of running performances on different distances. *Science & Sports*, 22(1), 43–49.
- 25) **Mann, T., Lamberts, R., Lambert, M.** (2013). "Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations". *Sports Med*. 43 (7): 613–625.
- 26) **Martin, D. & Coe, P.** (1997). Better Training for Distance Runners (2nd edition). Human Kinetics: Champaign, IL, USA.
- 27) **Matsuo, T., Ohkawara, K., Seino, S., Shimojo, N., Yamada, S., Ohshima, H., Tanaka, K., Mukai, C.** (2012) Cardiorespiratory fitness level correlates inversely with excess post-exercise oxygen consumption after aerobic-type interval training.
- 28) **McGehee, J., Tanner, C., & Houmard, J.** 2005. A comparison of methods for estimating the lactate threshold. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (3), 553–58.
- 29) **McPartland, Darren; Pree, Adrian; Malpeli, Robert; Telford, Amanda** (2010). Nelson Physical Education Studies For WA. Australia: Nelson.

- 30) **Moran, P, Prichard, JG, Ansley, L, and Howatson, G** (Feb 2012). "The influence of blood lactate sample site on exercise prescription". *J Strength Cond Res*. 26 (2): 563–567.
- 31) **Neary, Patrick, J.** (2004). "Application of near infrared spectroscopy to exercise sport science". *Canadian Journal of Applied Physiology*. 29 (4): 488–503.
- 32) **Noakes, T.** (2003). *The Lore of Running*. (4th edition).
- 33) **Paunonen A., Antilla, S.** (2007) Matkalla maratonille.
- 34) **Rankinen.T., Bray M., Hagberg J., Pérusse L., Roth S., M Wolfarth B., Bouchard C.** (2006). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2005 update. – *Med Sci Sports Exerc*, 38: 1863-1888.
- 35) **Robergs, R., & Roberts, S.** 1997. *Exercise Physiology: Exercise, performance, and clinical applications*. St Louis, MO: Mosby.
- 36) **Saunders, P., Pyne, D., Telford, R., Hawley, J.** (2004). "Factor affecting running economy in trained distance runners". *Sports Medicine*. 34 (7): 465–485.
- 37) **Schiffer, J.** (1988) Performance factors in the marathon, *Track Technique*, № 105, p. 3360.
- 38) **Spencer, M., Gastin, P.** Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001; 157-162.
- 39) **Steinaker, J.** (1993). Physiological aspects of training rowing. – *Int J Sports Med*, 14: 3-10.
- 40) **Uth, N., Sørensen, H., Overgaard, K., Pedersen, P.** (2004) Estimation of VO₂max from the ratio between HRmax and HRrest—the Heart Rate Ratio Method. *Eur J Appl Physiol*. 2004 Jan;91(1):111-5. Epub 2003 Nov 18.
- 41) **Wagner P.D.** (2000). "New ideas on limitations to VO₂max". *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 28 (1): 10–4.
- 42) **Wilmore JH and Costill DL.** (2005) *Physiology of Sport and Exercise*: 3rd Edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
- 43) **Saunders, P., Pyne, D. B., Telford, R.D., Hawley, J.A.** Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med*. 2004;34(7):465-85.
- 44) **Kyle, R. & Andrew E. K.** Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Med Open* 2015 Dec; 1: 8.

SUMMARY

Aerobic and anaerobic ability in the middle distance running

The purpose of this bachelor work was to find by using scientific literature and researches most of important marks, tests and training programmes that mostly influence to middle distance running successful performance.

- In this study was found out that aerobic threshold serves as a perfect instrument for creation of basic stamina and preparation of cardiovascular system along with breathing system during the preparatory period.
- Also, we came to conclusion that anaerobic or lactate threshold is a crucial factor that determinate the success in middle- and long distance running.
- Moreover, was figured out that maximal consumption of oxygen plays one of the most important roles in the middle-distance running. In addition to this, we understood that the maximal consumption of oxygen is also inherited by parents.
- Also, it is possible to say that in addition to aerobic threshold and maximal consumption of oxygen, the efficiency of running economy also plays a key role in middle-distance running and is able to improve results even with bad factors that were mentioned above.



Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Deniss Urjadnikov

(31.03.1991)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Aeroobne ja anaeroobne võimekus keskmaajooksul,

mille juhendaja on Raivo Puhke,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 5. mai 2017